

# ESTUDIO SOBRE MODIFICACIONES DE GRASA CORPORAL Y PÉRDIDAS DE AGUA EN DEPORTISTAS. ESPECTROFOTOMETRÍA POR INFRARROJOS PROXIMAL

C. López Rodríguez,  
P. Sanz Mallofré,  
B. Marín Fernández  
Escuela de Medicina de la Educación  
Física y el Deporte "Príncipe de Asturias".

## Resumen

Se expresan los resultados del estudio sobre modificaciones de grasa corporal y pérdidas de agua en jóvenes varones (n=53), que practican diferentes especialidades deportivas, mediante el método de los pliegues cutáneos y un nuevo método basado en espectrofotometría por infrarrojos proximal.

El análisis de los resultados indica que el Futrex 5000 modelo A (Espectrofotometría por infrarrojos proximal) sobrestima significativamente ( $p<0.01$ ) el tanto por ciento de grasa corporal al compararlo con el método de los pliegues cutáneos.

Asimismo los resultados obtenidos con el Futrex 5000 modelo A sobre nivel de hidratación no guarda relación con la intensidad del ejercicio, siendo a veces contradictorios.

**Palabras clave:** composición corporal, porcentaje de grasa corporal, hidratación, espectrofotometría por infrarrojos proximal, bíceps, pliegues cutáneos, ejercicio.

## Introducción

La determinación de la grasa corporal por medio de la absorción de infrarrojos es posible desde que investigaciones llevadas a cabo por el Departamento de Agricultura de los EE.UU., en el Centro de Investigación Agrícola de Beltsville

demonstraran la validez del método de la absorción de IR para medir la grasa corporal (Norris, 1983 y Lanza, 1983). Un año después es utilizado en trabajos sobre Medicina Deportiva (Conway y Norris, 1984).

Nuestro interés, en principio, fue estudiar un nuevo método para determinar el porcentaje de grasa corporal, la cantidad de grasa corporal, el peso libre de grasa y el grado de hidratación corporal tras ejercicio, hallando el total de agua corporal, ésta última en sus versiones de tanto por ciento y en número de litros, basado en la absorción y reflexión de la luz y espectroscopia de infrarrojos proximal y desarrollado en el aparato Futrex 5000

modelo A (*Futrex-5000 Users manual*).

Después de varios estudios con resultados no muy fiables y a veces contradictorios sobre la composición y agua corporal de los deportistas estudiados, decidimos hacer un nuevo estudio con un aparato especialmente calibrado por la casa comercial. A la vez pensamos en utilizar otro método que nos permitiera determinar fácilmente la composición corporal en el propio terreno.

Para el estudio comparativo con el nuevo método de infrarrojos proximal se eligió el Método de Pliegues Cutáneos al ser un método reconocido como válido por muchos autores (Carter, 1975; Ross, 1978; Ross y Wilson, 1974).

Variable	Media	Desv. Típ.	Err. Est.	Rango
Edad (años)	23.17	3.37	0.57	19-31
Peso (kg)	74.86	9.26	1.58	60-100
Talla (cm)	176.70	5.96	1.02	165-190
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24.10	2.18	0.37	21.07-32.71
Superf. corp (m <sup>2</sup> )	1.91	1.41	2.42	1.66-2.25
% Grasa corp.	12.64	1.87	0.32	9.8-17.9
Pes graso (kg)	9.31	2.06	0.39	5.8-14.9
Índice adiposidad (O-scale)	4.85	1.65	0.28	2-9

El % de grasa corporal y el peso graso han sido determinados por el método de pliegues cutáneos.

Cuadro 1. Datos de los deportistas

También Wilmore y Behnke han demostrado la buena correlación ( $r = 0.087 - 0.92$ ) entre el sistema de medida del peso libre de grasa por la técnica de pliegues cutáneos y la medida del mismo a través de la metodología de la densidad-gravedad específica (Wilmore, 1970).

El tema de estudio propuesto consistió en:

- Saber las dificultades que implica hacer determinaciones de composición corporal y nivel de hidratación de deportistas en lugares abiertos y dentro del ambiente deportivo con el Futrex 5000 modelo A.
- Ver si se observaban diferencias en las determinaciones efectuadas con el Futrex 5000 modelo A antes y al finalizar las competiciones.
- Verificar la fiabilidad del método de espectrofotometría por infrarrojos proximal desarrollado con el modelo Futrex 5000 A realizando un estudio comparativo con el método de los pliegues cutáneos.
- Ventajas y limitaciones del método de espectrofotometría por infrarrojos proximal desarrollado con el modelo Futrex 5000 A.

## Material y método

Este estudio fue realizado en el mes de abril de 1990 a pie de campo en las condiciones adecuadas y descritas en el manual de uso del Futrex 5000 modelo A (*Futrex-5000 Users manual*).

Anteriormente, en el mes de noviembre de 1989, se realizó sobre la misma muestra de deportistas el mismo estudio con el anterior modelo de Futrex 5000 existente entonces en el mercado (*Futrex 5000. Manual de instrucciones*).

## Sujetos

Se estudiaron 53 deportistas, sanos, de raza caucásica, de sexo mas-

culino, que realizaban un entrenamiento mínimo de una hora diaria y que practicaban diversos deportes (fútbol, baloncesto, lucha, fútbol-sala y ciclismo). Todos ellos eran deportistas de élite. Las características de los deportistas están recogidas en el cuadro 1.

Su estado de salud fue evaluado en un reconocimiento médico previo completo (físico y bioquímico).

## Espectrofotometría por infrarrojos proximal

Se ha utilizado el método de análisis de absorción de infrarrojos proximal con el aparato comercializado bajo el nombre de Futrex 5000 modelo A especialmente calibrado con fecha 8-1-1990 para el análisis de la composición corporal en atletas de alto rendimiento y deportistas de élite.

La calibración del Futrex 5000 modelo A se basa en el promedio de lectura de tres prestigiosos métodos hidrostáticos.

Para la utilización del aparato Futrex 5000 A se siguieron las normas descritas en el manual de manejo proporcionadas por la casa comercializadora con fecha 8-1-1990.

Para realizar la medición de grasa, se eligió el punto recomendado por la casa comercial (línea media exterior del bíceps a medio camino entre la cavidad antecubital y el cromión en el lado derecho), usando un brazalet negro y protegido el sensor luminoso con una espuma negra para evitar la interferencia de luz externa. Especificaciones del aparato: la medición aplica la técnica de la interacción del infrarrojo próximo, basado en la tecnología del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. El rango de las mediciones es de 1% a 50%.

Las mediciones las realizó siempre la misma persona. Se hicieron tres mediciones para cada persona y se halló el promedio de las tres.

El método IR puede proporcionar una técnica rápida, segura y no in-

vasiva para la valoración de individuos y de poblaciones.

## Método de pliegues cutáneos

A continuación del estudio de espectrofotometría por infrarrojos proximal en el mismo terreno realizamos el estudio por el método de los pliegues cutáneos para determinar su composición corporal.

## Material utilizado para el estudio

- Balanza: marca Año-Sayol con precisión de 100 gr.
- Cinta métrica: metálica, flexible e inextensible con precisión de 1 mm.
- Caliper: modelo Harpenden con precisión de 0.2 mm.
- Paquímetro: para la medición de pequeños diámetros óseos marca GMC con precisión de 1 mm.
- Antropómetro: marca Holtain LTD. Precisión 1 mm.

## Metodología

Las determinaciones se realizaron a la misma hora, en ayunas y bajo control de temperatura, presión atmosférica y humedad relativa.

La metodología utilizada para la obtención de las medidas antropométricas es la aceptada por el IGK (*International Group of Kinanthrometry*), descrita por Carter y col. (1975) y por Ross y col. (1974, 1978).

La composición corporal se estudió utilizando los perfiles de pliegues cutáneos y su sumatorio, con la ecuación de Carter y col., basada en la de Yuhasz y la ecuación de Siri (Siri, 1956).

$$\% / \text{FAT} = (\text{Sum } 6 \times 0.1051) + 2.585$$

Siendo Sum 6 el sumatorio de seis pliegues cutáneos en mm (tricipital, subescalar, suprailíaco, abdominal, anterior de muslo y medial de pierna).

## Análisis estadístico

El tratamiento estadístico se ha realizado con un ordenador personal



IBM aplicando el programa Sigma y Trazos de Horus Hardware S.A. El estudio estadístico se ha realizado aplicando diversos métodos estadísticos según como venían presentados los datos.

## Resultados

Vemos que tanto el porcentaje de grasa corporal como la cantidad total de grasa hallados con el Futrex 5000 A descienden ligeramente; el peso libre de grasa, por tanto, aumenta y el total de agua corporal sufre un leve ascenso que puede estar relacionado con el descenso mínimo del nivel de grasa, ya que a los deportistas no se les dejó ingerir líquidos durante el entrenamiento como es costumbre en ellos.

El análisis de la varianza indica una diferencia significativa entre los métodos utilizados para determinar el tanto por ciento de grasa corporal (cuadros 2 y 3). El análisis revela que el Futrex 5000 A significativamente ( $p < 0.01$ ) ha sobrestimado el tanto por ciento de grasa corporal al compararlo con el método de pliegues cutáneos. Siendo las diferencias entre medias elevadas (-6.7191).

El coeficiente de correlación entre el tanto por ciento de grasa corporal hallado con el Futrex A y el método de los pliegues cutáneos es significativo para  $p < 0.05$  (ver cuadro 4).

A pesar de no haber tomado líquidos durante la competición, la media de la cantidad total de agua hallada aumentó ligeramente después de la competición, debido a un descenso del nivel de grasa corporal, dándose casos en determinados deportistas, de pérdida de 1-1.5 kg y su cantidad total de agua al final de la competición ser superior a la que tenían antes de la competición (cuadros 5, 6 y 7).

De todos es sabido que durante un ejercicio físico intenso la producción de sudor oscila entre 20-25 ml/minuto, llegándose a perder apro-

	Media	Desv. Típ.	Err. Est.
Futrex A	19.3662	2.1431	0.3675
Plieg. Cut.	12.6471	1.8735	0.3213

Diferencias: Media: -6.7191 Desv. Típ.: 2.3169  
 Err. est.: 0.39735 t Student: -16.9098 gl: 52  
 Significativo ( $p < 0.001$ )  
 % Gras corporal hallado con el método de los pliegues cutáneos y con el Futrex 5000 A.

Cuadro 2. Comparación de dos medias. Datos pareados

VARIABLE 1	VARIABLE 2	DIFERENCIA	F	NIV. SIGNIF.
Plieg. Cut.	Futrex A	-6.7191	189.44	$P < 0.01$

Varianza residual: 4.0513. Varianza factorial: 767.4912.

Cuadro 3. Análisis de la varianza. Comparación de medias

COEF. COR.	LÍM. INF.	LÍM. SUP.	SIGNIFIC.
0.34054	0.0026719	0.60862	SI

Cuadro 4. Coeficiente de correlación entre los % de grasa corporal hallados con el Futrex y el método de los pliegues cutáneos

ANTES DEL ESFUERZO	Porcentaje grasa	Cantidad grasa (kg)	Peso libre de grasa	Total Agua (%)	Corporal (L)
Media	19.3662	14.5303	60.3226	65.3441	48.9265
Desv. Típ.	2.1431	2.6536	7.3350	2.5429	4.7551
DESPUÉS DEL ESFUERZO	Porcentaje grasa	Cantidad grasa (kg)	Peso libre de grasa	Total Agua (%)	Corporal (L)
Media	19.0824	14.2749	60.5781	65.7500	49.2147
Desv. Típ.	1.8188	2.2159	7.7228	2.2062	5.2213

Cuadro 5. Media y desviación típica del porcentaje de grasa, cantidad de grasa, peso libre de grasa y total de agua corporal, medidos antes y después del esfuerzo (una hora de entrenamiento intenso) con el Futrex

DIFERENCIAS: Media: 0.28382 Desv. Típ.: 1.2989  
 Err. est.: 0.22276 T Student: 1.2741 gl: 52  
 NO SIGNIFICATIVO

Cuadro 6. Comparación de dos medias. Datos pareados. % de grasa corporal antes y después de un esfuerzo, hallados con el Futrex

	COEF.	ERR. ESTAND.	SIGNIF.
Futrex A	14.4396	2.4301	0.3675
Plieg. Cut.	0.38955	0.19013	0.3213

Cuadro 7. Ecuación de regresión entre % de grasa corporal, Futrex A y pliegues cutáneos

ximadamente 1-1.5 l/hora. Teniendo en cuenta que el ambiente en que se desarrolló el estudio era adecuado y la influencia de factores como humedad y temperatura fue prácticamente nula, los resultados no concuerdan (total de agua corporal antes y después) con la intensidad del ejercicio.

## Discusión

El uso de Futrex 5000 A para la obtención de la composición corporal es fácil, rápido y no invasivo. Sin embargo, sus resultados se alejan de la realidad. Se han apreciado determinaciones anómalas en el porcentaje de grasa corporal, la cantidad de grasa corporal, el peso libre de grasa y el agua corporal. Mientras en el estudio anterior (noviembre de 1989) las cifras obtenidas de porcentaje graso y cantidad de grasa con el antiguo Futrex 5000 eran demasiado bajas (cuadro 8), en el estudio actual las cifras obtenidas (cuadro 2 y 5) son demasiado elevadas, y no se corresponden en ninguno de los dos casos con deportistas de estas ca-

racterísticas.

Realizado el estudio con el método de los pliegues cutáneos, al comparar los datos con los obtenidos con el Futrex 5000 A (cuadros 2 y 3), vemos una diferencia muy significativa en los resultados llegando a ser casi el doble los obtenidos con el Futrex 5000 A. Coincidiendo esta diferencia con los estudios realizados por Richard G. Israel y col. (1989).

Nuestros resultados difieren de los obtenidos por Dotson y Davis (*Ara Human Factors*, 1989), Davis y Pynther (1987), Davis y Dotson (1988) que recomendaban el modelo Futrex 5000 como un método válido y útil para predecir la composición corporal en la población. Asimismo, sus estudios indicaban una gran correlación entre ambos métodos, hecho que nosotros no hemos constatado.

Tanto en deportes fundamentalmente anaeróbicos (lucha leonesa), como en deportes aeróbicos, no se producen cambios ostensibles en las determinaciones antes y después de las competiciones, aunque sí ligeras variaciones.

Los porcentajes grasos hallados con el modelo Futrex 5000 A son, a

veces, el doble de los hallados con el calibrador y sugieren que este aparato no es fiable para estimar la composición corporal en deportistas, sin embargo, podría tener cierta aplicación en pacientes con problemas de obesidad.

En conclusión, hay una gran diferencia entre las medias de porcentaje graso y cantidad total de grasa determinadas por los dos métodos, no siendo fiables las mediciones realizadas con el Futrex 5000 A por no corresponderse con personas que realizan un ejercicio de nivel alto y por ser el método de los pliegues cutáneos una técnica reconocida como válida por muchos autores. Sin embargo, no descartamos que el Futrex 5000 A pueda tener cierta aplicación en pacientes con problemas de obesidad.

Es posible que el lugar del bíceps tomado para medir la composición corporal siguiendo las instrucciones del manual del Futrex 5000 A o la determinación en un solo lugar no sean indicativos de la composición corporal del individuo.

El Futrex 5000 A no tiene capacidad de autocontrol, ya que si se introduce algún dato irreal por imposible que sea, no dispone de un sensor que anule las conclusiones.

Estos métodos para determinar la composición corporal a pie de campo permiten realizar determinaciones rápidas y son fáciles de utilizar por personas adiestradas.

El método de los pliegues cutáneos, a pesar de ser algo grosero, sigue siendo el método más fácil y rápido de utilizar a pie de campo, ya que el método desarrollado en el modelo Futrex 5000 A es poco fiable.

## BIBLIOGRAFÍA

CARTER, J.L., *The Health-Carter Somatotype method*, San Diego State University, San Diego, 1975.



- CONWAY, J.M. y col., «A new approach for the estimation of body composition: infrared interactance», *The American Journal of Clinical Nutrition*, EE.UU., diciembre 1984, pp. 1123-1130.
- DAVIS, P.O. y DOTSON, C.O., «Development of a simplified techniques for the determination of per cent body fat in adult males», *The Journal of Sports, Medicine and Physical Fitness*, 25: 255-261, diciembre 1985.
- DAVIS, P.O. y PAYNTER, *Evaluation of a commercial near-infrared instrument for body composition analysis*, Human Performance Centers, Inc. Suite 106. 5113 Leesburg Pike. Falls Church, V A 22041. (703) 931-8862.
- DAVIS, P.O.; DOTSON, C.O., y MANNY, P.D., «NIR evaluation for body composition analysis», *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20, S8, 1988.
- DOTSON, C.O. y col., «Evaluation of near-infrared spectrometry for body composition analysis in children and youth», *Acta human factors*, Technical note 89-12. Futrex-5000 Users manual. The "A" Model. Futrex Inc. 1990.
- Futrex 5000. Manual de instrucciones. Futrex Inc. 1989.
- LANZA, E., «Determination of moisture, protein, fat and calories in raw pork and beef by near infrared spectroscopy», *Journal of Food Science*, 48: 471-474, 1983.
- LENNART, G., *A new, quick and efficient method in determining total body fat. A preliminary report*, Boson Sportscenter, Liding, Sweden.
- NORRIS, K.H., «Instrumental techniques for measuring quality of agricultural crops», en M. Lieberman (Ed.) *Post-harvest physiology and crops preservation*, Plenum Publishing, Nueva York, 1983, pp. 471-484.
- RICHARD, G.I. y col., «Validity of a Near-Infrared Spectrophotometry Device for Estimating Human Body Composition», *Research Quarterly for Exercise and Sport*, vol. 60, n. 4: 379-383, 1989.
- ROSS, W., «Kineanthropometry; an emerging science technology», en Landry, F. y Urban, W., *Biomechanics of sport and kineanthropometry*, Miami, Symposia Specialist, 1978.
- ROSS, W. y WILSON, N.C.A., «N.C.A. Stratagem for proportional growth assesment». *Acta pediátrica belga*, Bruselas, sup. 28: 169-182, 1974.
- SAWAI, MUTOH y MIYASHITA, *Study on effectiveness, when applied to japanase natives, of an instrument for measurement of body fat with near-infrared interactance technology*, University of Tokyo.
- SEGAL, K.R. y col., *Body composition, not body weight, is related to cardiovascular disease risk factors and sex hormone levels in men*, Division of pediatric cardiology, Department of pediatrics, and the Division of Endocrinology, Department of Medicine, Mount Sinai School of Medicine, Nueva York 10029 and Department of Medicine, College of Physicians and Surgeons, Columbia University at St. Luke's-Roosevelt Hospital Center, Nueva York, Nueva York 10025.
- SIRI, W.E., «The gross composition of the body», *Advances in biological and medical physics*, IV, Academia Press, Nueva York, 1956.
- TOMAS, R.K. y col., *Grasa corporal versus las determinaciones más comunes en sangre*, University of Maryland Hospital, Baltimore, MD.
- TOMAS, T.R. y col., «Dietary preparation and per cent fat measurement by hydrostatic weighing», en *Brit. J. Sports Med*, vol. 22, n. 1: 9-11, marzo 1988.
- WILMORE, J.H. y BEHNKE, A.R., «An anthropometry estimation of body density and lean body weight in young women», *Am. J. Clin. Nutrition*, 23: 267, 1970.